ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/254

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ НЕУПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ ИЗГИБОМ И КРУЧЕНИЕМ ОБРАЗЦОВ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ TiNi

¹Гришков В.Н., ¹Лотков А.И., ¹Жапова Д.Ю., ¹Тимкин В.Н., ¹Батулин А.А.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

grish@ispms.tsc.ru

Для понимания возможностей более широкого использования эффектов сверхэластичности (СЭ) и памяти формы (ЭПФ) в двойных сплавах на основе TiNi с традиционной крупнозернистой структурой необходимы исследования этих эффектов в зависимости от термомеханической обработки сплавов, в том числе в условиях развития пластической деформации.

Цель работы – выявить общие закономерности и особенности проявления СЭ и ЭПФ при изгибе и кручении в двойных сплавах на основе TiNi на примере образцов сплава $Ti_{49.3}Ni_{50.7}$ (ат.%) в условиях развития пластической деформации при разных типах внешнего напряжения на образцах. При охлаждении и нагреве исследуемых образцов наблюдали только мартенситное превращение (МП) $B2 \leftrightarrow B19'$ (где $B2$ – высокотемпературная фаза, а $B19'$ – моноклинная мартенситная фаза). Температуры начала и конца прямого МП – $M_H=252K$ и $M_K=223K$, а обратного МП – $A_H=258K$ и $A_K=273K$, соответственно. Схемы испытаний при кручении и изгибе образцов идентичны. При изотермическом нагружении образцов (298K, т.е. выше A_K) до заданных деформаций γ_t или ϵ_t (при кручении и изгибе, соответственно) происходила генерация мартенситной фазы $B19'$, которая частично испытывала обратное МП в $B2$ фазу при разгрузке образцов, обуславливая возврат деформации в виде СЭ ($\gamma_{сэ}$ или $\epsilon_{сэ}$). При последующем нагреве разгруженных образцов наблюдали дополнительный возврат деформации вследствие обратного МП $B19' \rightarrow B2$, обуславливая проявление ЭПФ ($\gamma_{эфф}$ или $\epsilon_{эфф}$), а остаточная деформация после завершения формовосстановления образца (при 493K) равна его пластической деформации ($\gamma_{гр}$ или $\epsilon_{гр}$). Таким образом, выявлены все составляющие γ_t или ϵ_t : $\gamma_t = \gamma_{снд} + \gamma_{гр} = \gamma_{сэ} + \gamma_{эфф} + \gamma_{гр}$ и $\epsilon_t = \epsilon_{снд} + \epsilon_{гр} = \epsilon_{сэ} + \epsilon_{эфф} + \epsilon_{гр}$, где СНД – сумма СЭ и ЭПФ. Для корректного сравнения результатов, полученных при кручении и изгибе образцов, все деформации кручения были пересчитаны в деформации растяжения ($\epsilon_t(\gamma)$, $\epsilon_{снд}(\gamma)$, $\epsilon_{сэ}(\gamma)$, $\epsilon_{эфф}(\gamma)$, $\epsilon_{гр}(\gamma)$), используя представления об эквивалентных деформациях при разных схемах нагружения.

Показано, что как зависимости $\epsilon_{снд}$ и $\epsilon_{снд}(\gamma)$, так и зависимости $\epsilon_{гр}$ и $\epsilon_{гр}(\gamma)$ от заданной деформации имеют качественно подобный вид и близки количественно ($\pm 0.5\%$). В частности, при $\epsilon_t = \epsilon(\gamma) = 24\%$ $\epsilon_{снд} \approx \epsilon_{снд}(\gamma) \approx 11\%$, что соответствует достижению максимального теоретического ресурса мартенситной деформации при МП $B2 \leftrightarrow B19'$ в данном сплаве независимо от типа внешнего напряжения. Зависимости $\epsilon_{сэ}$ и $\epsilon_{сэ}(\gamma)$ и зависимости $\epsilon_{эфф}$ и $\epsilon_{эфф}(\gamma)$ от заданной деформации также имеют качественно подобный вид, но отличаются количественно. В целом, при всех ϵ_t доминирует возврат неупругой деформации в режиме проявления СЭ. Однако в области малых $\epsilon_{гр}$ и $\epsilon_{гр}(\gamma)$ $\epsilon_{сэ}$ и $\epsilon_{сэ}(\gamma)$ интенсивно возрастают до 6-7% при незначительном приросте ЭПФ ($< 2\%$). При дальнейшем повышении ϵ_t прирост $\epsilon_{сэ}$ и $\epsilon_{сэ}(\gamma)$ замедляется, и одновременно усиливается прирост $\epsilon_{эфф}$ и $\epsilon_{эфф}(\gamma)$. При этом $\epsilon_{сэ} < \epsilon_{сэ}(\gamma)$ и, соответственно, $\epsilon_{эфф} > \epsilon_{эфф}(\gamma)$ на $\sim 1.5\%$. Таким образом, пластическая деформация при изгибе более существенно влияет на стабилизацию при 298K мартенситной фазы $B19'$, чем такая же по величине пластическая деформация при кручении. Обсуждаются возможные физические факторы, обуславливающие различное влияние пластической деформации на проявление СЭ и ЭПФ в сплавах на основе TiNi.

Работа поддержана Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.